

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних,
виконання розрахунково-графічних робіт
та самостійної роботи студентів
з дисципліни

НАУКОВО-ДОСЛІДНА РОБОТА СТУДЕНТА

*(для студентів 4,5 курсу денної та 6 заочної форм навчання
галузі знань 0507 – Електротехніка та електромеханіка)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2015

Методичні вказівки до проведення практичних, виконання розрахунково-графічних робіт та самостійної роботи студентів з дисципліни “Науково-дослідна робота студентів” (для студентів 4,5 курсу денної та 6 заочної форм навчання галузі знань 0507 – Електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. Х. Далека, В. М. Шавкун. – Харків. : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 24 с.

Укладачі: В. Х. Далека
В. М. Шавкун

Рецензент: д. т. н., проф. С. А. Калкаманов

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту,
протокол № 5 від 27 жовтня 2015 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ТЕМАТИКА НДРС	5
2 ОБСЯГ ТА ЕТАПИ ДОСЛІДЖЕННЯ	6
3 ВИВЧЕННЯ СТАНУ ПИТАННЯ	6
4 РОБОТА НАД РЕФЕРАТОМ	6
5 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
6 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	13
7 ОЦІНКА ВИПАДКОВОЇ ПОХИБКИ ПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ.....	14
8 ОБРОБКА СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ	15
9 ЗНАХОДЖЕННЯ ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ ЗА СТАТИСТИЧНИМИ ДАНИМИ ТА ПЕРЕВІРКА ЦЬОГО ЗАКОНУ.....	19
10 ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	20
11 ПІДГОТОВКА ЗВІТУ	20
ДОДАТОК А. ПРИБЛИЗНИЙ ПЛАН НДРС.....	22
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	23

ВСТУП

Для сучасного періоду, який визначається значними досягненнями науки і техніки, обсяг знань необхідний для підготовки інженера, безперервно збільшується. Процес навчання у вищій школі все більше ґрунтується на творчій активності та високій самостійності студентів. Без цього в сучасних умовах важко успішно засвоїти складний і великий програмний матеріал, навчитися постійно вдосконалювати свої знання в подальшій службовій діяльності. Одним з важливих методів підвищення якості підготовки фахівців, що випускаються вищою школою, є широке залучення студентів до науково-дослідної роботи. Мета полягає в тому, щоб навчити студентів самостійно вирішувати інженерні завдання із застосуванням сучасних методів фізичного експерименту та математичного моделювання. Ця робота повинна сприяти розвитку творчого мислення, наполегливості в подоланні труднощів, наукової об'єктивності в оцінці результатів дослідження.

Участь у науковому дослідженні вимагає певної творчої зрілості, культури поводження з приладами і апаратурою. Ці навички студент повинен отримати при виконанні лабораторних робіт на 1-3 курсах навчання.

Лабораторні роботи є однією з ефективних форм самостійного навчання, які мають на меті закріпити знання теоретичних положень досліджуваних дисциплін, навчити студента методам експериментальних досліджень, прищепити первинні навички наукового аналізу та узагальнення отриманих результатів, досвід роботи з лабораторним обладнанням, приладами та апаратурою.

При виконанні лабораторної роботи можна виділити три основні етапи:

- відтворення явища;
- вимірювання характерних показників його протікання;
- аналіз та узагальнення отриманих результатів.

Науково-дослідна робота студента є більш високою формою самостійної творчості, при якій вирішуються три основні частини наукового дослідження:

- визначення мети і завдання дослідження;
- вивчення і розробка методів досягнення цієї мети;
- аналіз та узагальнення отриманих результатів.

Дані методичні вказівки повинні допомогти студенту ознайомитися з основними принципами та методами ведення наукової роботи, яка у відповідності з навчальним планом проводиться на 8 і 9 семестрах навчання.

Дослідження з науково-дослідної роботи (НДРС) виконуються у відповідності з профілем кафедри та під керівництвом її викладачів. Кожному студенту видаються тема і план досліджень, затверджений кафедрою, із зазначенням етапів і термінів виконання, форми звітності.

За виконаною темою дослідження студент повинен представити реферат (8 семестр) і звіт (9 семестр).

Реферат і звіт за темою дослідження повинні бути оформлені відповідно до вимог, що пред'являються до наукових звітів.

Реферат і звіти заслуховуються на семінарах, або науково-технічних конференціях студентів.

1 ТЕМАТИКА НДРС

Тематика НДРС розробляється на кафедрі та включає питання науково-дослідницьких робіт, які виконуються професорсько-викладацьким складом з держбюджетної, або госпдоговірної тематики.

Як приклад наведено теми НДРС кафедри Електричного транспорту:

1. Дослідження показників працездатності і аналіз пошкоджень конічної зубчастой пари тягового редуктора трамвайного вагона.
2. Дослідження показників працездатності та аналіз пошкоджень карданної передачі трамвайного вагона.
3. Дослідження закономірностей та фізичної природи пошкоджень деталей тягових редукторів трамвайних вагонів.
4. Дослідження та порівняльний аналіз методів діагностування гальмівної системи тролейбусів.
5. Дослідження та оцінка економічної ефективності методів виробництва точного лиття на вагоноремонтних заводах.
6. Дослідження та порівняльний аналіз систем пневматичного підвішування тролейбусів.
7. Дослідження та оцінка показників ремонтпридатності трамвайних вагонів.
8. Дослідження показників працездатності та аналіз пошкоджень тягових електричних двигунів.
9. Дослідження та аналіз методів діагностування струмоприймачів різних типів.
10. Дослідження та аналіз економічної ефективності методів обробки бандажів колісних пар при ремонті.
11. Дослідження показників працездатності та фізичної природи пошкоджень елементів рульового управління тролейбуса.
12. Дослідження роздільної здатності магнітного дефектоскопа ПМД-70 та можливості його використання в практиці ремонту рухомого складу.
13. Впровадження сучасних технологій для діагностики та відновлення технічного ресурсу рухомого складу.
14. Застосування нанотехнологій для експлуатації електродвигунів рухомого складу електротранспорту.
15. Застосування нанотехнологій для підвищення надійності роботи електрообладнання електромобілів.

2 ОБСЯГ ТА ЕТАПИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Кожна з розглянутих тем при розробці повинна включати наступні етапи:

- вивчення стану питання за літературними джерелами;
- оцінка стану питання і постановка задачі дослідження;
- теоретичне дослідження та обґрунтування експериментальної частини дослідження;
- підготовка реферату;
- обґрунтування методики дослідження і планування експерименту;
- експериментальні дослідження;
- математична обробка результатів експериментів;
- обговорення результатів досліджень;
- підготовка звіту за темою;
- рецензування та висновки щодо звіту на тему дослідження.

3 ВИВЧЕННЯ СТАНУ ПИТАННЯ

Вивчення стану питання за темою дослідження за літературними джерелами проводиться з метою узагальнення накопиченого досвіду раніше виконаних досліджень.

Робота над літературними джерелами включає вивчення монографій та періодичних видань (вітчизняних та зарубіжних) за вказівкою керівника дослідницької роботи.

При вивченні літератури в першу чергу вивчаються реферативні журнали за поточний рік і 4-5 минулих роки. Відшукування необхідних літературних джерел слід проводити за методикою, яка викладалася за програмою обов'язкового бібліографічного мінімуму.

На підставі зібраного матеріалу складається реферат, що представляє собою самостійний розділ звіту з науково-дослідної роботи.

Розробка реферату є важливою частиною дослідження, тому цій частині роботи необхідно приділити серйозну увагу.

4 РОБОТА НАД РЕФЕРАТОМ

Розробка реферату переслідує мету поглибити, систематизувати і закріпити теоретичні знання, а також розвиває навички самостійного опрацювання, узагальнення та короткого систематизованого викладу матеріалу.

У роботі над рефератом можна вказати наступні етапи:

перший етап – з'ясування змісту теми, її головних питань, що підлягають розгляду. У розкритті сутності та визначенні головних питань теми студенту надає допомогу викладач – керівник наукової роботи;

другий етап – складання календарного плану, в якому визначено терміни:

а) підбору і вивчення літератури;

б) складання плану реферату;

в) написання кожного розділу теми;

г) редагування та оформлення реферату;

д) подання роботи керівнику;

е) доопрацювання реферату після зауважень керівника та остаточне оформлення;

третій етап включає підбір відповідної літератури;

четвертий етап – перегляд літератури для накопичення знань, осмислення теми і підготовка до складання плану реферату.

При перегляді літератури рекомендований наступний порядок: прочитати титульний лист і зміст, уважно ознайомитися з передмовою, введенням і висновком.

У змісті відзначаються ті параграфи і розділи, які становлять найбільший інтерес для розкриття теми.

При вивченні передмови необхідно звернути, увагу на мету написання і основні напрямки роботи, підхід до них, границі дослідження, загальний характер праці. Наприкінці потрібно звернути увагу, до яких висновків дійшов автор з основних питань. Це потрібно для того, щоб при перегляді окремих глав і розділів швидко знайти те місце, де автор будує свої докази, обґрунтовує головні питання теми;

п'ятий етап – складання плану реферату. Крім найменування теми. план реферату включає перелік і послідовність основних питань, їх короткий зміст;

шостий етап – вивчення літератури з теми дослідження.

Досвід показує, що основні джерела краще читати двічі. Перше читання має бути суцільним, а повторне – вибіркоvim. Якщо при попередньому ознайомленні з джерелами були зроблені виписки, то вони в якійсь мірі допомагають знайти головні думки, викладені в книзі.

Суцільне читання передбачає поглиблене вивчення літератури. Працюючи над книгою, необхідно не тільки запам'ятовувати прочитане, але й активно осмислювати, логічно переробляти всю інформацію. При цьому слід дотримуватися такої послідовності:

- після прочитання закінченої думки зіставити раніше відоме з новими даними;

- висловити своє критичне ставлення до досліджуваного питання.

Це допомагає відібрати найбільш цінний матеріал, глибоко зрозуміти і логічно переробити прочитане. Корисно також подумки ділити прочитане на частини, відзначаючи основні, важливі моменти. Разом з тим треба пов'язувати

прочитану главу з попередньою, а глави об'єднувати в розділи, тобто здійснювати перехід від частин до цілого.

Проводячи таким чином аналіз і синтез прочитаного, можна глибше зрозуміти зміст книги.

Для полегшення подальшої роботи з книгою в первинному читанні корисно робити позначки на спеціальних закладках, де вказувати, в яких абзацах за рахунком зверху виражена головна думка.

Такі записи допомагають при повторному читанні та розробці реферату згрупувати матеріал з різних джерел, виключити дубльовані.

Сьомий етап роботи – запис прочитаного. Він необхідний для продуктивного використання опрацьованого матеріалу при написанні реферату. Досвід показує, що запис з першого читання мало раціональний. Він призводить до того, що замітки будуть не систематизовані та не будуть відображати головного. У цьому випадку також важко домогтися критичного аналізу матеріалу і уникнути дублювання.

Переважніше робити виписки при повторному читанні, після закінчення вивчення розділу, глави або частини книги, після її продумування.

Існує кілька способів запису: анотація, план, виписка цитат, тези, конспект. Найбільш повно вивчену літературу відображає конспект.

При конспектуванні необхідно відвести в зошиті певне число листів для кожного питання плану реферату та озаглавити ці розділи.

Запис ведеться на одній стороні аркуша, а друга полишиться для вставок при подальшому опрацюванні джерел. Рекомендується той лист, де ведеться запис, розділити на дві частини: одну для запису положень автора, іншу (меншу) – для викладу власних думок. Конспектування прочитаної книги рекомендується починати з запису її бібліографічних даних. Якщо виписка робиться з журнальної статті, вказується номер журналу і рік видання. Розрізняють три типи конспектів: систематичний, вільний і тематичний, або зведений конспект. Систематичним називається такий конспект, в якому фактичний матеріал викладається в послідовності книги.

У вільному конспекті запис робиться в найбільш зручному для студента порядку. Добре скласти такий конспект можна тільки при глибокому вивченні змісту книги і перебудувати матеріал відповідно свого плану.

Тематичний конспект той, в якому узагальнено зміст декількох джерел. Найчастіше при розробці реферату віддають перевагу вільному конспекту, за яким легше виконати завдання.

Що ж виписувати в конспект?

Це залежить від мети читання та важливості джерела. Найкраще записувати своїми словами головні думки автора, обґрунтування основних тверджень,

способи доказів, деякі приклади, які наводить автор для обґрунтуванні своїх тверджень, окремі аргументи. Особливо уважно потрібно ставитися до висновків.

У процесі роботи над рефератом доводиться досить часто вибирати й формувати різні цифрові дані. Ці відомості записуються у вигляді таблиць, діаграм, схем і т. д. Поряд з основними положеннями книги в конспекті повинні бути і критичний аналіз, і висновки, і узагальнення, до яких приходить студент при вивченні даного джерела. Після того, як робота з джерелами завершена, необхідно проаналізувати і систематизувати весь матеріал. Потрібно глибоко і вдумливо прочитати все, що записано, продумати, як розташувати матеріал, що головне, а що другорядне, уточнити план реферату.

Письмове оформлення реферату

Оформлення реферату – глибоко творчий процес: адже записи в конспекті зроблені у вигляді начерків, фрагментів, що не мають логічного зв'язку, стрункості.

Перед студентом стоїть завдання з цього ще сирого матеріалу зробити узагальнення, які відповідають вимогам, що пред'являються до рефератів. Можливо, на цьому етапі будуть потрібні і уточнення деяких положень, і доповнення їх новими даними.

Для оформлення реферату, правильного систематизування своїх думок, раціонального використання часу необхідно скористатися деякими методичними рекомендаціями.

Перший прийом. Перш ніж писати, необхідно підібрати потрібні матеріали і розкласти їх за розділами (питаннями) реферату. Потім необхідно уважно перечитати всі записи, подумки відтворити головне і представити послідовність викладу своїх думок.

Дуже важливо розробити докладний план кожного розділу. Тільки після такої підготовки можна приступити до написання чорнового варіанту реферату. Критично підходячи до тексту, необхідно виявити стилістичні похибки написання (де потрібно поглибити думку, а де прибрати слова, що захаращують текст і т. д.).

Другий прийом передбачає первинний запис тез розділу, або в цілому реферату, викладаючи основні думки. По мірі вивчення матеріалу розширюються і поглиблюються початкові начерки. Початкові начерки набувають рис реферату.

Подібний прийом вигідно відрізняється тим, що автор має можливість побачити свою майбутню роботу, як би в стислій формі, правильно визначити її напрямок, уточнити обсяг, помітити недоліки у побудові. Якість реферату в значній мірі залежить від побудови взаємозв'язку складових частин, послідовності розташування думок автора в кожному розділі, підрозділі і навіть абзаці.

Зазвичай реферат складається з трьох частин.

Перша частина – вступна. У ній, як правило, викладаються теоретичне і практичне значення теми.

Друга частина (головна) – виклад сутності роботи. Вона складається з кількох розділів, тематично тісно пов'язаних між собою. Перехід від одного розділу до іншого повинен бути логічно обґрунтований. Наприкінці розділу короткі, але чіткі висновки.

Третя частина – закінчення та висновки.

Важливе значення має вдалий поділ реферату на складові частини. Виклад матеріалу має бути таким, щоб він допомагав читачеві самому робити висновки. Найголовніше і складне в роботі – розумна побудова кожної глави, розділу або параграфа, вдала побудова оповідання, опису, міркування. Необхідно прагнути виділяти вузлові моменти, відобразити їх сутність, не допускати насичення тексту другорядними деталями, сторонніми фактами.

У практиці реферування використовуються дедуктивні (від загального до окремого, від загальних суджень до приватних висновків) та індуктивні (від приватного до загального, від окремих фактів до узагальнення) міркування. При дедуктивному способі міркування спочатку дається загальне теоретичне положення, а потім йдуть приклади, що його підтверджують. Якщо користуватися тільки цим, більш легким способом, то це призводить до схематизму у викладі матеріалу. Тому краще застосовувати індуктивний спосіб.

При доопрацюванні реферату необхідно звернути увагу не тільки на те, чи вдалий той чи інший опис, міркування, але й на логічні переходи від оповідання до міркування або опису.

5 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На підставі аналізу літературних даних і поставлених завдань дослідження спочатку виконують теоретичні (аналітичні) дослідження, при яких встановлюють фізичні, або кореляційні взаємозв'язки досліджуваних процесів, параметрів або факторів за кількісними або якісними параметрами. У цій частині роботи обговорюють, або порівнюють приватні методики дослідження, математичний апарат, сучасні теорії (теорія подібності, теорія ймовірностей і математичної статистики, теорія дислокацій, теорія пружності та пластичності, теорія надійності і довговічності машин та ін.).

Висновки аналітичних досліджень перевіряють експериментально.

При плануванні експериментальних досліджень (випробуванні) вибирають і обговорюють приватні методики і програми випробувань. Дослідження можуть бути лабораторними, стендовими чи експлуатаційними. Той чи інший вид експериментального дослідження вибирається виходячи з поставлених завдань і ступеня наближення досвіду до реальних умов роботи досліджуваного об'єкта.

За методами і результатами дослідження всі експерименти можна розділити на якісні та кількісні.

Якісні експерименти робляться для того, щоб виявити дію тих чи інших факторів на досліджуваний процес без встановлення точної кількісної залежності між ними. Кількісний експеримент будується з таким розрахунком, щоб забезпечити точне вимірювання всіх істотних чинників, на які впливають поведінка досліджуваного об'єкта чи хід процесу. Проведення такого експерименту вимагає використання значної кількості реєструючої та вимірювальної апаратури, а результати вимірювань потребують більш-менш складної математичної обробки.

Перш ніж поставити експеримент, треба не тільки розташувати його спільною ідеєю, але і ретельно продумати його план, а також можливі результати. Вибір того чи іншого типу експерименту, як і конкретний план його здійснення, залежить від наукової проблеми, яку мають намір вирішити.

Планування експерименту у великій мірі пов'язано з характером величин, які повинні бути оцінені в ході досліджу.

У цьому відношенні набагато складнішими є експерименти, в яких досліджувані величини задані статистичним чином. При постановці експерименту необхідно керуватися деякими загальними принципами:

1. У реальних експериментах спочатку ставлять пробні досліди, які допомагають експериментатору відпрацювати методику і отримати деякі тренування у виконанні повторюваних операцій. Перевіряється робота окремих елементів установки та апаратура. Визначаються інтервали зміни значень для кожного з параметрів, що змінюються в експерименті. Оцінюються можливі помилки в різних величинах. Попередній експеримент дозволяє уточнити план експериментального дослідження.

2. Повторні вимірювання. Повторення вимірювань у крайній мірі ще один раз допомагає уникнути помилки при знятті показань приладу і дає можливість оцінити похибку вимірювань.

Лабораторні дослідження проводять на зразках на спеціальних випробувальних установках або приладах за стандартною методикою. Вони дозволяють оцінити механічні, фізико-хімічні, електротехнічні властивості матеріалів, встановити загальні фізичні взаємозв'язки між досліджуваними параметрами.

Застосування стандартної методики випробувань дозволяє отримати порівнянні показники. У той же самий час результати цих випробувань є умовними у зв'язку з тим, що зразки значно відрізняються від натурних деталей, машин і апаратів, а умови роботи випробувальних машин не повністю відтворюють роботу реального обладнання в умовах експлуатації.

Стендові випробування проводяться на спеціально виготовлених стендах над натурними деталями, вузлами машин при умовах близьких до реальних умов роботи машин. Результати цих випробувань є більш достовірними для

практичного використання при вивченні впливу конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів на якість деталей, вузлів і машин в цілому.

Умови і режими стендових випробувань призначаються за спеціальною програмою, яка ретельно розробляється виходячи із завдання дослідження.

Програма може передбачати прискорені стендові випробування, які проводяться за спеціальною методикою при підвищених навантаженнях, підвищених швидкостях або при поєднанні підвищених навантажень і швидкостей. Програма прискорених стендових випробувань повинна бути обґрунтованою і обов'язково враховувати досвід аналогічних випробувань, виконаних іншими дослідниками.

Експериментальні випробування дають найбільш повні і достовірні результати, проте вони є найбільш трудомісткими. Крім того при експлуатаційних випробуваннях необхідно передбачити і виключити вплив випадкових факторів суб'єктивного характеру.

При проведенні експериментальних досліджень слід особливу увагу звертати на точність використовуваних реєструючих і вимірювальних приладів, враховуючи необхідну точність дослідів.

При всіх видах випробувань має місце розсіювання дослідних даних.

Природа розсіювання досвідчених показників пов'язана статистичними характером показників якості матеріалів, виробів та похибками досвіду, точності виготовлення зразка, сталості режиму випробування та іншими умовами.

Як правило, експлуатаційні випробування розширюють межі розсіювання вимірюваних параметрів.

При розробці методики експерименту повинні бути обґрунтовані прийоми обробки результатів дослідів.

Залежно від прийнятих методів математичної обробки результатів дослідів призначається кількість дослідів. Математичні методи планування експериментів в залежності від конкретних умов досвіду припускають різні прийоми планування: одно – та багатофакторні плани, симплекс-планування та ін.

Застосування математичних методів планування експериментів передбачає певну схему проведення дослідження:

- 1) вибір параметра, що підлягає дослідженню;
- 2) визначення незалежних змінних факторів та інтервалів їхнього виміру;
- 3) встановлення типу розподілу значень залежної перемінної;
- 4) вибір числа паралельних дослідів;
- 5) підготовка і складання матриці планування;
- 6) виконання експерименту;
- 7) аналіз результатів досліджень і висновки.

6 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

У процесі експериментальних досліджень всі результати дослідів вносять в спеціально підготовлений лабораторний журнал. Отримані виміри і розраховані величини зводять в таблиці, на підставі яких в подальшому будують графіки.

При складанні таблиць необхідно керуватися наступними правилами. У першому горизонтальному рядку записують назви величин з їх загальноприйнятими літерними позначеннями, у другому – одиниці виміру. У першій вертикальній графі записують номери по порядку, у другій – основний незалежний змінний фактор, в інших – значення залежних змінних, тобто результати, які показує за вимірами прилад в процесі дослідів.

У ході обробки результатів експерименту будують графіки, наочно відображають досліджувані залежності. Графік дозволяє більш наочно проводити порівняння експериментальних даних з теоретичними кривими. Наносячи результати вимірювань на графік, дуже зручно стежити за тим, як іде експеримент.

У ряді областей техніки при побудові графіків прийнято по горизонтальній вісі відкладати незалежну змінну, тобто величину, значення якої задається самим експериментатором, а по вертикальній вісі ту величину, яку він при цьому визначає.

Існують різні види паперу для графіків: зі звичайним лінійним масштабом і логарифмічна. Останній буває двох типів: напівлогарифмічний, коли логарифмічний масштаб взятий тільки по вісі ординат, і подвійний логарифмічний, коли такий масштаб взятий для обох вісей. Напівлогарифмічний папір зручний в тому випадку, коли зв'язок між змінними логарифмічний або експоненціальний.

При побудові графіків велике значення має вибір масштабу. При виборі масштабу потрібно виходити з таких міркувань:

1. Експериментальні точки не повинні зливатися один з одним.
2. Масштаб повинен бути простим. Найпростіше, якщо одиниці вимірюваної величини (або – 10, 100, 0,1) відповідає 1 см.

Інших масштабів слід уникати, бо інакше при нанесенні точок на графік доведеться робити арифметичні підрахунки. Експериментальні точки з'єднують на графіку плавною кривою. Якщо на графіку є теоретична крива, то плавну криву через експериментальні точки краще не проводити. На графік у ряді випадків наноситься і величина похибки експериментального значення. Похибка на графіку вказується в тих випадках, коли від похибок може залежати значимість відхилення експериментальних даних від теоретичної кривої. Похибки вказуються і в тих випадках, коли вони неоднакові для різних експериментальних точок.

7 ОЦІНКА ВИПАДКОВОЇ ПОХИБКИ ПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ

В основі теорії похибок лежать два припущення, які підтверджуються досвідом:

1. При великому числі вимірювань випадкові похибки однакової величини, але різного знака, тобто похибки, як у бік зменшення, так і у бік збільшення, зустрічаються однаково часто.

2. Великі (за абсолютною величиною) похибки зустрічаються рідше, ніж малі, тобто ймовірність появи похибки зменшується з ростом величини похибки.

Припустимо, ми виконали n прямих вимірювань деякої фізичної величини, справжнє значення якої (нам невідомо) позначимо через a . Позначимо через $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ результати окремих вимірювань, а справжню абсолютну похибку Δa_i

$$\Delta a_i = a - a_i.$$

Тоді результати вимірювань можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} a_1 &= a - \Delta a_1; \\ a_2 &= a - \Delta a_2; \\ a_n &= a - \Delta a_n; \end{aligned} \quad (1)$$

Сумуючи ліву і почленно праву сторони рівняння (1), одержуємо:

$$\sum_{i=1}^n a_i = na - \sum_{i=1}^n \Delta a_i \quad (2)$$

Якщо ввести поняття середньоарифметичної величини:

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i \quad (3)$$

Розділимо обидві сторони рівняння (2) на число вимірювань n , отримаємо після перестановки членів:

$$\bar{a} = a - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta a_i \quad (4)$$

$$\bar{a} = a + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta a_i$$

Якщо число вимірювань n досить велике ($n \rightarrow \infty$), то згідно з припущенням 1

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta a_i = 0, \quad (5)$$

так як у серії з великого числа вимірювань всякої позитивної похибки можна зіставити рівну їй за абсолютною величиною негативну похибку. З (4) випливає, що

$$a = \bar{a} \text{ при } n \rightarrow \infty, \quad (6)$$

тобто при нескінченно великому числі вимірів справжнє значення вимірюваної величини одне середньоарифметичне значення \bar{a} всіх результатів проведених вимірювань.

При обмеженому числі вимірювань ($n \neq \infty$) середньоарифметичне значення \bar{a} буде відрізнятися від істинного значення a , тобто рівняння (6) буде наближеним

$$a \approx \bar{a} \quad (7)$$

і нам необхідно оцінити величину цієї розбіжності.

Поява того чи іншого значення, а в процесі вимірювань є випадковою подією. Визначення законів розподілу випадкових величин і знаходження параметрів цих законів ґрунтуються на обробці та аналізі статистичних відомостей про досліджувані випадкових величинах. Вивчення методів обробки відомостей і аналізів статистичного експериментального матеріалу займається спеціальна наука – математична статистика.

8 ОБРОБКА СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ

Первинні записи статистичних спостережень за випадковою величиною представляють собою простий статистичний ряд, в якому записуються номери дослідів і значення випадкової величини, що спостерігалися в цих дослідях. У всіх випадках рекомендується цей ряд перебудувати так, щоб отримані числові значення випадкової величини розташовувалися у зростаючому порядку. Такий ряд іноді називають варіаційним рядом.

Розглянемо послідовність первинної обробки експериментальних даних на конкретному прикладі.

Нижче представлені результати напрацювання l в тисячах кілометрів пробігу трамвая до відмови, викликаного виходом з ладу підшипника редуктора.

Напрацювання розташовані в зростаючий ряд (i – порядковий номер дослідів; l_i – пробіг до відмови):

i	l_i	i	l_i	i	l_i	i	l_i
1	10	6	55	11	95	16	125
2	20	7	70	12	98	17	130
3	30	8	75	13	100	18	135
4	42	9	80	14	115	19	140
5	50	10	92	15	120	20	150

Такий ряд може бути оброблений різними способами. Розглянемо найбільш уживані з них.

Побудова графіка статистичної функції розподілу

Статистичною функцією розподілу називається функція виду:

$$F^x(x) = \frac{m}{n},$$

де m – число дослідів, в яких випадкова функція x брала значення менше x .
 n – загальне число вироблених дослідів.

Якщо є зростаючий ряд, то, очевидно, що $F^x(x)$ для кожного i – го значення випадкової величини знайдемо з виразу:

$$F^x(x_i) = \frac{i}{n},$$

Покажемо побудову $F^x(x)$ на прикладі пробігу трамвайного вагона до відмови редуктора. По вісі абсцис відкладаємо найбільше значення випадкової величини пробігу $l = 130$ тис. км, а по вісі ординат – 1. Цими величинами буде обмежений графік (рис. 1).

До пробігу, рівного 10 тис. км, відмов не спостерігалось, отже, на ділянці 0–10 функція $F^x(l) = 0$.

Перша відмова сталася після пробігу $l_1 = 10$ тис. км. Отже, в точці $l = 10$ функція має стрибок до величини $F^x(l_1) = \frac{1}{n} = \frac{1}{20} = 0,05$. У проміжку від $l = 10$ до $l = 20$ функція має значення 0,05. Друга відмова сталася після пробігу $l = 20$ тис. км, отже, при $l = 20$ функція знову робить стрибок, досягаючи величини $F^x(l_2) = \frac{2}{n} = \frac{2}{20} = 0,1$. Далі побудова йде аналогічно. Отримана ступінчаста функція $F^x(x)$ для неперервних випадкових величин, як у нашому прикладі, може бути замінена плавною безперервною функцією розподілу. На графіку показано передбачуваний вид цієї функції пунктиром.

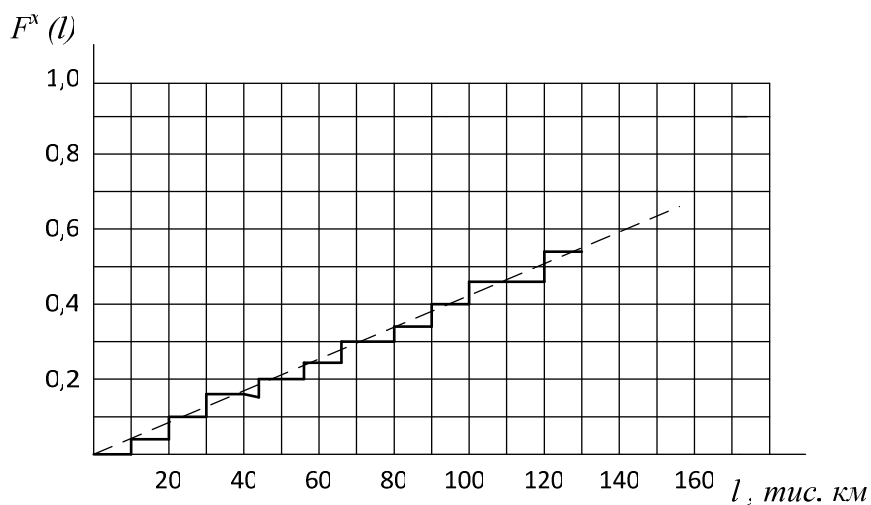


Рисунок 1 – Графік статистичної функції розподілу на прикладі пробігу трамвайного вагона до відмови редуктора.

Статистичний ряд, побудова полігону і гістограми

Іншим видом обробки первинних записів дослідів, тобто простого статистичного ряду, є угруповання дослідних даних в розряди.

Таблиця, в якій проводиться це угруповання, називається статистичним рядом. Статистичний ряд складається як для перервних, так і для безперервних

величин. З даних статистичного ряду будуються графіки; для перериваних випадкових величин полігонів, для безперервних гістограма, що зображає статистичну густину розподілу.

Складання таблиці статистичного ряду проводиться таким чином. З даних простого статистичного ряду записуються найбільше і найменше значення випадкової величини. Різниця цих значень називається зоною розсіювання. Зону розсіювання ділять на інтервали – розряди. Число розрядів рекомендується від 8 до 15. Довжини розрядів зручно мати однаковими, але іноді доводиться для того, щоб не показати виду полігону або гістограми, приймати різні довжини. Рекомендується, щоб у кожному розряді було не менше п'яти спостережень.

Для прикладу в таблиці 1 приведений статистичний ряд напрацювання між відмовами вагона Т-3.

Таблиця 1 – Статистичний ряд напрацювання між відмовами вагона Т-3.

№ розряду Від $i = l$ До $i = r$	Розряд		Довжина розряду l_i	Середина розряду β_i	Частота спостереження m_i	Зокрема $P_i^* = \frac{m_i}{n}$	Висота розряду на гістограмі $f_x(\%) = \frac{P_i^*}{l_i}$
	Понад α_i	До β_i					
1	0	100	100	50	166	0,549	0,00549
2	100	200	100	150	86	0,284	0,00284
3	200	300	100	250	30	0,99	0,00099
4	300	400	100	350	11	0,036	0,00036
5	400	600	200	500	5	0,016	0,00008
6	600	1100	500	850	5	0,016	0,00003

Загальне число дослідів $n = \sum_{i=1}^n m_i = 303$. Сума частот $\sum_{i=1}^n P_i^* = 1$.

Оцінки математичного очікування $m^x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i m_i = 129 \text{ час}$;

Дисперсія $D^x = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m^x)^2 m_i = 17260 \text{ час}$;

Середньоквадратичного відхилення форм $\sigma^x = \sqrt{D^x} = \sqrt{17260} = 131,5 \text{ час}$

Для неперервної випадкової величини в останньому стовпчику таблиці зазначається висота розряду гістограми, рівна частоті P_i^* , поділеній на довжину розряду l_i , $\frac{P_i^*}{l_i}$, є статистичною густиною розподілу, так як частоті являє собою статистичну ймовірність, яка, будучи віднесеної до одиниці довжини розряду, є статистичною густиною розподілу в i – тому розряді

$$f^x(x_i) = \frac{P_i^*}{l_i}$$

Полігон розподілу для перервних випадкових величин будується наступним чином. По вісі абсцис відкладаються середини розрядів. З отриманих точок відновлюють перпендикуляри, рівні частотей відповідних розрядів. Кінці перпендикулярів з'єднують ламаною лінією. Сума ординат полігону повинна дорівнювати одиниці (рис. 2).

Для побудови гістограми по вісі абсцис відкладаються розряди.

На кожному розряді як на основі, будуються прямокутники висотою, що дорівнює $f^x(x_i)$. Площа всіх прямокутників гістограми дорівнює одиниці (рис. 3). Отримана ступінчаста статистична густина розподілу $f^x(x)$ тобто гістограма може бути замінена плавною безперервною кривою розподілу функції $f(x)$.

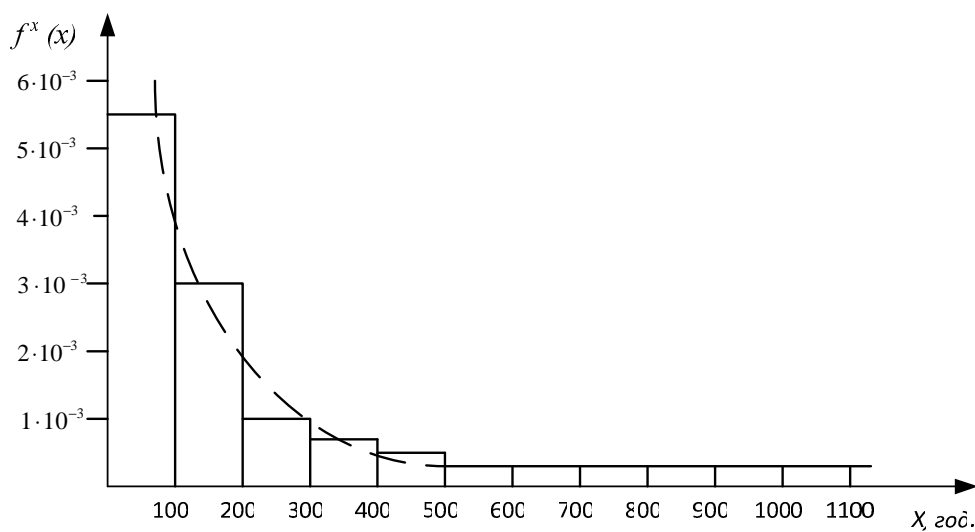


Рисунок 2 – Полігон розподілу для перевірки випадкових величин

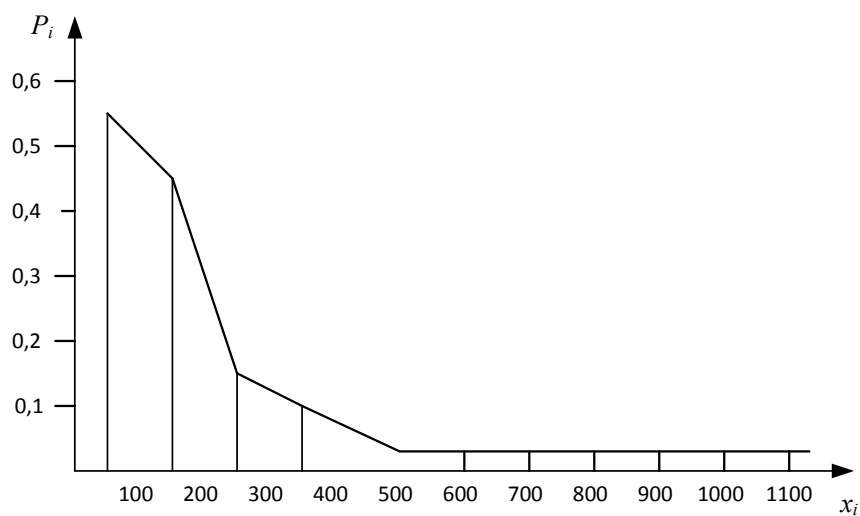


Рисунок 3 – Приклад побудови гістограми

9 ЗНАХОДЖЕННЯ ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ ЗА СТАТИСТИЧНИМИ ДАНИМИ І ПЕРЕВІРКА ЦЬОГО ЗАКОНУ

Припустимо, що завод випускає велику партію однакових виробів (деталі, вузли машин або прилади).

Під партією однакових виробів ми розумітимемо вироби, виготовлені за одним проектом (кресленням), одним технологічним процесом при однакових методах контролю. Таку партію виробів складається з декількох десятків, сотень або тисяч виробів ми будемо називати генеральною сукупністю.

Вироби цієї групи притаманні цілком певні властивості, які можуть бути виражені низкою технічних характеристик. Для знаходження властивостей, що визначають надійність виробів даної генеральної сукупності, з неї робиться вибірка частини виробів, яка піддається випробуванням. Ця обрана частина називається вибірковою сукупністю або просто вибіркою. За результатами випробувань вибірки отримують властивості цієї вибірки, і за цими властивостями судять про всю генеральну сукупність.

Статистичний розподіл, отриманий в результаті дослідження вибірки, володіє елементами випадковості і, отже, не повною мірою відображає властивості генеральної сукупності.

Обсяг вибірки завжди обмежений, методика експерименту може неточно відповідати дійсній необхідності, саме експерименти можуть містити у собі неточності і похибки вимірювань тих чи інших величин, на результатах дослідів позначаються особисті властивості людей, що проводили ці досліді. Статистичний розподіл має бути скоригований таким чином, щоб з нього були виключені елементи випадковості і щоб вони повністю відображали властивості генеральної сукупності. Іншими словами, по статистичному розподілу повинен бути знайдений закон розподілу даної випадкової величини, справедливий для генеральної сукупності. Задача визначення такого закону носить назву вирівнювання статистичного ряду і зводиться до знаходження аналітичного виразу закону розподілу досліджуваної випадкової величини.

Вид передбачуваного закону розподілу вибирається найчастіше або виходячи з міркувань істоти розглянутої випадкової величини, або виходячи із зовнішнього вигляду графічного зображення статистичного розподілу.

Так, наприклад, при дослідженні точності механічної обробки деталей на металорізальних верстатах природно припустити нормальний закон розподілу похибки. При дослідженні напрацювання до випадкових відмов має місце експонентний закон і т. д.

Маючи гістограму, побудовану за статистичними даними, можна судити про вигляд кривої, яка буде відповідати цій гістограмі і, отже, можна припустити і аналітичний вираз щільності розподілу. Питання про узгодження теоретичного

розподілу зі статистичним вирішується за допомогою «критеріїв згоди». Для різних випадків використовуються критерій Пірсона і критерій згоди Колмогорова, більш простий і зручний у практичному застосуванні.

У чому полягають критерії узгодження, необхідно буде вивчити при вирішенні практичних завдань виконуваного наукового дослідження.

10 ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Залежність експерименту від теорії позначається не тільки при плануванні досліду, але в ще більшому ступені при обговоренні його результатів. При обговоренні експерименту ретельно і всебічно повинні бути розглянуті всі отримані величини по їх абсолютним і відносним значенням. Отримані емпіричні рівняння слід порівняти з відомими або виведеними при аналітичних дослідженнях теоретичними формулами, теоретичними кривими або раніше встановленими положеннями.

Підводячи підсумки обговорення результатів досліджень, необхідно зробити стислі і обґрунтовані висновки, в яких потрібно відобразити основні результати по розділах роботи, дати висновок про вирішенні поставленого завдання, намітити й обґрунтувати шляхи подальших досліджень.

Крім того, необхідно показати шляхи практичного використання отриманих даних для підвищення якості або поліпшення конструкції нових машин, інтенсифікації технологічного процесу або поліпшення економічних показників.

11 ПІДГОТОВКА ЗВІТУ

Завершальним етапом виконання науково-дослідної роботи є звіт.

Він повинен бути обсягом 40-50 сторінок рукописного, або машинного тексту. Структура звіту включає:

- 1) титульний лист;
- 2) виконавці;
- 3) реферат;
- 4) зміст;
- 5) перелік скорочень, символів і позначень;
- 6) основна частина:
 - Введення;
 - Аналітичний огляд (стан питання);
 - Обґрунтування обраного напрямку роботи і завдання дослідження;
 - Розділи звіту, що відображають методiku, зміст, результати виконаної роботи;
 - Завершення, висновки і пропозиції;
- 7) список літератури;
- 8) додатки.

Реферат повинен відображати основний зміст виконаної роботи. У ньому дуже коротко викладаються основні відомості про проведену роботу, відображаються сутність виконаних досліджень, метод їх виконання та короткі висновки відносної ефективності в галузі застосування отриманих результатів.

Вступ повинен стисло характеризувати сучасний стан наукової (технічної) завдання (питання), якій присвячена робота, а також мета роботи. У вступі повинна бути влучно сформульована, в чому полягає новизна і актуальність виконаної роботи та обґрунтовано необхідність проведення дослідження.

Аналітичний огляд повинен містити систематизований виклад стану питання, якому присвячена виконувана робота. Викладаючи результати дослідження інших авторів з цього питання необхідно дати їх критичний аналіз і обґрунтувати нові ідеї та завдання, а також можливі підходи до їх вирішення.

Суперечливі висновки, що містяться в різних вихідних матеріалах, повинні бути проаналізовані та оцінені особливо уважно. Наприкінці розділу повинен бути обґрунтований вибір напрямку роботи і сформульовані завдання дослідження, які намічає автор. У проведеному дослідженні можуть розглядатися не всі завдання, які сформульовані при огляді стану питання. У цьому випадку необхідно обґрунтувати, які завдання потребують вирішення в першу чергу, а потім вказати завдання, які можуть бути поставлені в подальших дослідженнях.

Розділи (глави) звіту, що відображають методiku, зміст і результати дослідження виконуваної роботи, викладаються детально і послідовно. Вибір методики має бути обґрунтованим і сучасним. Якщо методика дослідів стандартна, її описувати не слід, необхідно тільки зробити посилання на відповідні ДСТи. При проведенні дослідів вказуються схеми випробувальних установок і приводиться назва і марки всіх приладів і пристроїв, використаних в досліді. Обґрунтовується програма випробувань. Потім наводяться експериментальні дані у вигляді таблиць і графіків і методика обробки експериментальних даних. Проводиться оцінка точності експерименту, обговорюється достовірність експериментальних даних і зіставлення їх з теоретичними даними чи показниками раніше виконаних досліджень.

Висновок повинен містити оцінку результатів роботи та їх відповідність поставленим завданням. Крім того, наводяться всі нові дані про об'єкт дослідження, нові явища та закономірності, якісні та кількісні характеристики об'єктів дослідження.

У висновку наводяться вказівки та рекомендації щодо впровадження результатів дослідження у виробництво, а також дається оцінка техніко-економічної ефективності, яка може бути отримана при використанні результатів роботи. Оформлений звіт повинен відповідати вимогам ДСТУ 3000-95.

Заголовки і підзаголовки відокремлюють від основного тексту зверху і знизу інтервалами. Формули вписуються від руки розміщуючи в інтервалах між рядками зверху і знизу. Список літератури наводиться в алфавітному порядку. Вказуються прізвища та ініціали авторів, назва статті, назва журналу, номер журналу, рік видання, номери сторінок. Для книги пишуться прізвище та ініціали автора, повна назва книги, місце видання, видавництво, рік видання і кількість сторінок.

Рисунки повинні бути послідовно пронумеровані. Вони виконуються за ЄСКД і правилам креслення. На всі рисунки повинні бути посилання в тексті.

Додаток А
"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Зав. кафедрою
«_____» (Підпис)

ПРИБЛИЗНИЙ ПЛАН НДРС

студента _____ факультет _____ група _____

Тема: «Дослідження точності обробки і аналіз розмірних ланцюгів
тягового редуктора КТМ-5М».

Термін виконання

1 Стан питання і завдання дослідження

1.1 Технічні умови на зборку і контроль зубчастої пари редуктора

1.2 Існуючі методи та засоби контролю геометричних параметрів зубчастої пари в зачепленні

1.3 Контроль геометричних параметрів при складанні зубчастої пари редуктора при ремонті.

1.4 Задачі дослідження

Термін виконання

2 Розрахунок розмірних ланцюгів та контроль точності геометричних параметрів вал - шестерні

2.1 Методи і засоби контролю точності розмірів елементів конструкції

2.2 Розрахунок і аналіз розмірних ланцюгів редуктора

2.3 Висновки

Термін виконання

3 Експериментальна перевірка геометричної точності елементів конструкції і складання редуктора при ремонті

3.1 Обґрунтування методики та обсягу експериментального дослідження.

3.2 Статистична обробка результатів експерименту.

3.3 Аналіз результатів експерименту

4.3 Висновки

Загальні висновки і пропозиції

Термін виконання

Керівник

підпис

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

Основна література (підручники, навчальні посібники, інші видання)

1. Види навчально – та науково-дослідної роботи студентів (навчально-методичний посібник по підготовці та написанню рефератів, курсових та дипломних робіт з дисциплін циклу професійно-практичної підготовки): Видання 2-ге / За заг. ред. І. П. Репко. – Харків: ФОП Шейніна О. В. – 2009. – 104 с.
2. Гаврилов Є. В., Дмитриченко М. Ф. Технологія наукових досліджень і технічної творчості. К.: Знання України. – 2007. – 318 с.
3. Сорока К. О. Основи теорії систем і системного аналізу. Навчальний посібник. ХНАМГ., 2004. – 291 с.
4. Білушак Г. І., Чабанюк Я. М. Теорія імовірностей і математична статистика. Практикум. Навчальний посібник. Львів: 2001. – 418 с.
5. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин.: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2001.

Додаткові джерела

1. Красіков В. М., Новіков А. В. Електромеханіка. Навчальний посібник., К.: Вища школа, 1994. – 488 с.
2. Крутов В. И, Грушко И. М. Основы научных исследований. М.: Высш. шк. – 1989.
3. Корюков А. А. Основы научно-технической информации. М.: Высш. шк. – 1985.
4. Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика. М.: Высш. шк. – 1977.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних,
виконання розрахунково-графічних робіт
та самостійної роботи студентів
з дисципліни

НАУКОВО-ДОСЛІДНА РОБОТА СТУДЕНТА

*(для студентів 4,5 курсу денної та 6 заочної форм навчання
галузі знань 0507 – Електротехніка та електромеханіка)*

Укладачі: **ДАЛЕКА** Василь Хомич,
ШАВКУН Вячеслав Михайлович.

Відповідальний за випуск *О. В. Кульбашиний*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання: *І. В. Волосожарова*

План 2015, поз. 141 М

Підп. до друку 24.11.2015р.
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60 х84/16
Ум. друк. арк. 1,5
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.